

KALIBRASI PEMANTAU RADON PASIF MENGGUNAKAN ARANG AKTIF DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA

Zaenal Hendro N¹, Mohammad Munir²

ABSTRACT

Calibration of passive-radon monitoring tool has been performed by using active charcoal and many factors which influenced it. Radon gas is radioactive gas that naturally occurs and available in everywhere. One of concentration meter is passive-radon monitoring tool which use active-charcoal. Before used, the monitoring tools needs to be calibrate to get calibration factors. Factors which influenced calibration factor are active-charcoal, filter and humidity type.

This research performed due to factors that influence radon-absorption to passive-radon monitor using active-charcoal to identify calibration factor from many factor. Passive-radon monitoring tools made by plastic hard pipe with 7.7 cm in diameter and 3 cm of high which contain active-charcoal 50 gram. This research use active-charcoal 4-type and 4 filter-type which used letter in papari for 3-5 days. In varians humidity condition, that humidity are 70%, 80%, 90% and 95%.

The magnitude of calibration factor which obtained from research using active-charcoal from lokal 2 use paper filter is the best result, that is 1.25×10^{-5} (Bq gram⁻¹)/(Bq m³ x hour).

Keywords: calibration factor, radon, humidity, passive-radon monitoring tool.

ABSTRAK

Kalibrasi alat pemantauan pasivve-radon telah dilakukan dengan menggunakan arang aktif dan banyak faktor yang mempengaruhinya. gas Radon adalah gas radioaktif yang terjadi secara alami dan tersedia di mana-mana. Salah satu meter konsentrasi radon pasif-alat pemantauan yang menggunakan arang aktif. Sebelum digunakan, alat pemantauan perlu mengkalibrasi untuk mendapatkan faktor kalibrasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi faktor kalibrasi aktif-arang, tipe filter dan kelembaban.

Penelitian ini dilakukan karena faktor yang mempengaruhi penyerapan radon-untuk memantau pasif-radon menggunakan arang aktif untuk mengidentifikasi faktor kalibrasi dari beberapa faktor. alat monitor Pasif-radon yang dibuat oleh pipa keras plastik dengan diameter 7,7 cm dan 3 cm tinggi yang mengandung aktif-arang 50 gram. Penelitian ini menggunakan arang aktif-4-4 jenis dan tipe filter yang digunakan huruf di papari selama 3-5 hari. Dalam kondisi varians kelembaban, yang kelembaban adalah 70%, 80%, 90% dan 95%. Besarnya faktor kalibrasi yang diperoleh dari penelitian dengan menggunakan arang aktif dari lokal 2 menggunakan kertas penyaring adalah hasil terbaik, yaitu $1,25 \times 10^{-5}$ (Bq gram⁻¹) / (Bq m³ x jam).

Kata kunci: faktor kalibrasi, radon, kelembaban, passive-radon alat monitoring
PENDAHULUAN

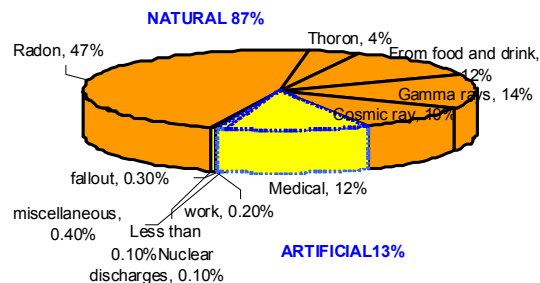
¹ Alumni Fisika FMIPA Universitas Diponegoro

Di antara sekian banyak sumber-sumber radiasi alam, Radon merupakan sumber radiasi alam yang paling banyak mendapatkan perhatian sehubungan dengan efek merugikan yang dapat ditimbulkannya. Efek merugikan tersebut berkaitan dengan kesehatan manusia, yaitu gas Radon sebagai salah satu penyebab timbulnya kanker paru-paru. Radon merupakan salah satu radionuklida alam yang terdapat dalam konsentrasi yang relatif tinggi. Diperkirakan 47% radioaktivitas lingkungan berasal dari gas Radon. Radon berasal dari tanah, batuan, air tanah, bahan-bahan bangunan, dan lain-lain sebagai hasil dari peluruhan Radium-226 di dalam deret peluruhan Uranium-238. Radon terdapat dalam bentuk gas mulia yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mudah bersenyawa secara kimia dengan nuklida alam lainnya (Pudjadi, 1992).

Di alam terdapat tiga isotop Radon yaitu Rn^{219} (Actinon) dengan umur paro 4 detik yang berasal dari deret peluruhan Actinium, Rn^{220} (Thoron) dengan umur paro 55,6 detik yang berasal dari deret peluruhan Thorium-232 dan Rn^{222} Radon dengan umur paro 3,824 hari yang berasal dari deret peluruhan Uranium-238. Dari ketiga isotop Radon tersebut, yang paling penting adalah Radon-222 karena disamping waktu paronya relatif paling panjang juga isotop Uranium-238 selaku induknya terdapat lebih dari 99% dalam mineral Uranium. Oleh karena itu isotop Aktinon dan Thoron sudah akan mengalami peluruhan sebelum mencapai ke permukaan tanah sehingga dapat dikatakan pengukuran konsentrasi Radon di udara hanya terkhususkan pada gas Radon-222 saja.

Di udara Radon-222 meluruh dengan melepaskan partikel Alfa. Hasil peluruhan Radon berupa partikel-partikel padat, dua diantaranya yaitu Po^{218} dan Po^{214} yang dalam peluruhannya juga melepaskan partikel Alfa seperti halnya Radon. Keberadaan partikel alfa di udara dapat menimbulkan dampak pada kesehatan manusia yaitu menyebabkan penyakit paru-paru. Mengingat efek negatif yang ditimbulkan gas Radon pada manusia, dan informasi berkenaan dengan keberadaan gas Radon di alam masih minim sekali, maka diperlukan penelitian yang cukup akurat untuk memperoleh gambaran yang tepat, terutama yang berhubungan dengan konsentrasi dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Pengukuran konsentrasi Radon dapat menggunakan beberapa metode di antaranya yang sering dipakai adalah metode kamar ionisasi, metode botol sintilasi (Lukas Cell), metode satu atau dua tapis, metode arang aktif, metode jejak nuklir, metode TLD, dan metode elektret. Pemilihan terhadap salah satu metode bergantung pada faktor-faktor tujuan, biaya, tenaga manusia dan efisiensi alat.

² Staf Pengajar Fisika FMIPA Universitas Diponegoro



Gambar 1. Dosis radiasi yang diterima manusia (BATAN, 1989).

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode pemantau Radon pasif menggunakan arang aktif. Alasan menggunakan metode ini dikarenakan efisiensinya cukup baik dan biaya pembuatannya murah. Metode ini juga sesuai untuk pengukuran gas Radon konsentrasi rendah, disamping itu juga tidak memerlukan waktu yang banyak. Dalam metode ini ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, diantaranya: kelembaban, pemilihan arang aktif dan pemilihan filter yang akan dipakai. Ketiga faktor di atas menentukan besar kecilnya faktor kalibrasi penyerapan gas Radon oleh arang aktif.

DASAR TEORI

Sifat Fisika Radon

Radon yang telah sampai ke permukaan Bumi akan meluruh menjadi anak turunannya yang berupa partikel-partikel padat dan berumur pendek yaitu: Po^{218} , Pb^{214} , Bi^{214} dan Po^{214} . Dua di antara anak turunan tersebut yaitu Po^{218} dan Po^{214} , dalam peluruhannya juga melepaskan partikel Alfa (α) seperti halnya Radon, sehingga keberadaan turunan-turunan Radon tersebut juga menambah potensi bahaya bagi kesehatan manusia.

Ketika Radon meluruh di udara, anak turunannya Po^{218} berupa ion bermuatan positif. Pada awal kelahirannya, partikel ini dalam keadaan bebas (*unattached Radon daughter*), namun tidak berapa lama kemudian pada sekitar 10-100 detik ia akan segera menempel pada debu udara (*aerosol*) menjadi Po^{218} yang tidak bebas (*attached Radon daughter*) (Fujitaka, 1988).

Radon merupakan termasuk dalam golongan gas adi yaitu unsur yang berat atom tunggal. Unsur ini memiliki sifat tidak berwarna, tidak berbau, tidak dapat dirasakan, dan tidak mengalami reaksi kimia. Sifat fisika Radon dapat dilihat pada tabel 2.1.

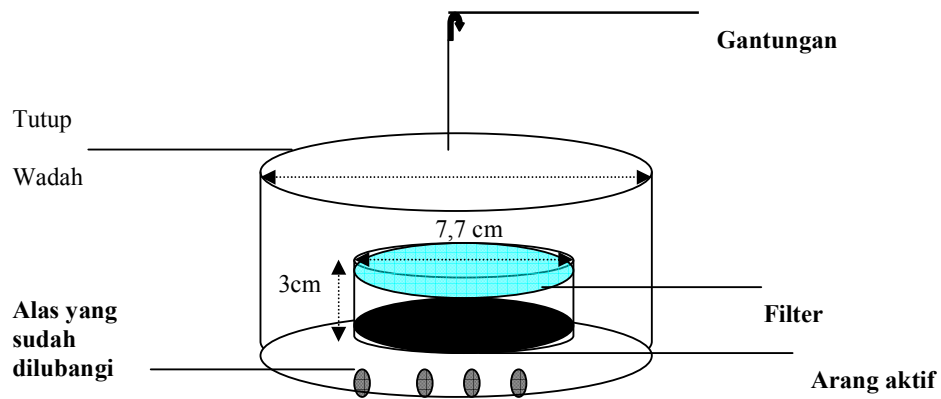
Bahaya Gas Radon Terhadap Kesehatan

Gas Radon yang sampai ke permukaan bumi meluruh menjadi anak turunannya dan melepaskan partikel Alfa, maka sangat membahayakan bagi kesehatan manusia. Bahaya internal dari partikel Alfa adalah jika zat radioaktif tersebut sampai masuk ke dalam tubuh kemudian meluruh menjadi anak turunannya dengan melepaskan partikel Alfa akan sangat berbahaya, karena tidak ada lagi faktor *shielding* dan faktor jarak antara sumber radiasi dan jaringan tubuh. Karena itu partikel-partikel alfa akan sangat berbahaya apabila sampai masuk dan *terdeposisi* di dalam tubuh manusia. Misalnya jika dihirup manusia masuk ke paru-paru maka akan merusak jaringan yang ada di dalamnya. Contoh bahaya yang mungkin bisa terjadi adalah kanker paru-paru. Untuk bahaya radiasi eksternal dari partikel alfa sangat kecil. Hal itu dikarenakan partikel alfa mempunyai kemampuan yang sangat terbatas dalam menembus materi. Lapisan kulit luar yang mati sudah cukup untuk menahan radiasi partikel alfa yang keluar dari zat radioaktif.

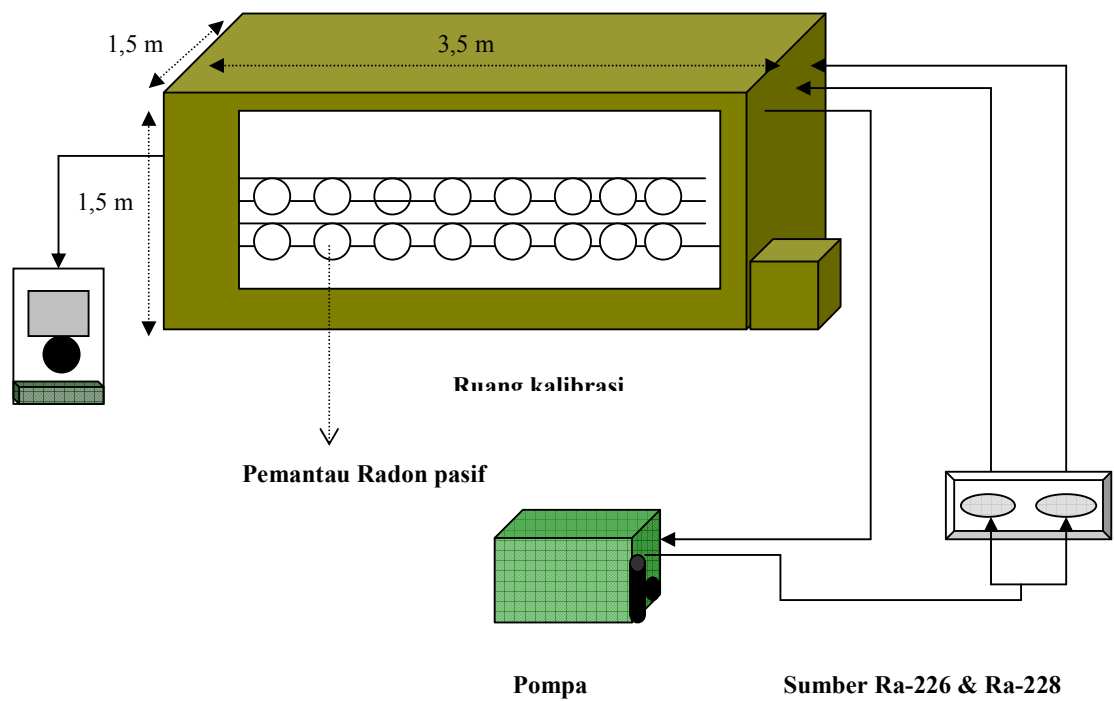
METODE PENELITIAN

Alat

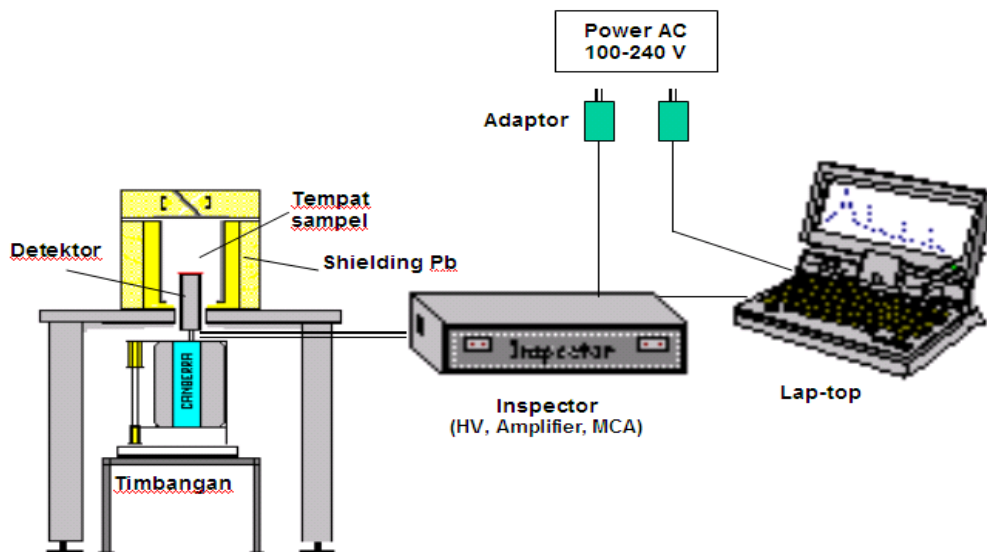
1. Spektrometer Gamma portabel.
2. Satu set sumber radioaktif Ra-226 dan Ra-228 digunakan sebagai penghasil gas Radon dan Thoron.
3. *Electronic Radon Detector*, DURRIDGE digunakan sebagai pendeteksi gas Radon
4. Pompa merk *Air Sampler* model 3323 digunakan untuk mengalirkan sumber gas Radon dan Thoron ke dalam ruang kalibrasi.
5. Timbangan merk Shimadzu BX-4200H dengan ketelitian 0,01 gram digunakan untuk menimbang sampel (arang aktif).
6. Wadah sampel digunakan sebagai pemantau Radon pasif.
7. Satu set ruangan kalibrasi Radon.
8. Oven digunakan untuk menghilangkan kandungan air di dalam arang aktif.
9. Penyangga untuk menggantung pemantau Radon pasif saat dikalibrasi.
10. Penyemprot ruangan berisi air dan lampu untuk mengatur kelembaban udara di dalam ruangan kalibrasi.
11. Thermometer dan Higrometer untuk mencatat suhu dan kelembaban udara di dalam ruangan kalibrasi.
12. Gunting, sarung tangan dan plastik pembungkus.



Gambar 2. Pemantau Radon pasif menggunakan arang aktif.



Gambar 3. Skema kalibrasi pemantau Radon pasif menggunakan arang aktif.



Gambar 4. Spektrometer gamma detektor HPGe model GC-2020 buatan Canberra.

Bahan

1. Arang aktif buatan dari Jerman, lokal dengan sertifikat (Lokal 1), lokal tanpa sertifikat (Lokal 2) dan merek KGaA buatan dari Merck.
2. Filter yang terbuat dari kertas, kasa, busa, dan plastik.
3. Serpihan kaos lampu digunakan untuk memperbanyak kandungan gas Thoron.

Pemantau Radon pasif

1. Sampel berupa arang aktif (buatan dari Jerman, lokal dengan sertifikat (Lokal 1), lokal tanpa sertifikat (Lokal 2) dan merek KGaA buatan dari Merck) dipanaskan pada suhu 120°C selama 24 jam supaya kandungan air dan gas Radon yang di dalamnya bisa terlepas dari arang aktifnya.
2. wadah sampel pada pemantau Radon pasif diberi filter yang bervariasi antara lain: dari kertas, plastik, busa, dan kasa.
3. Tiap 3 buah wadah pada pemantau Radon pasif memakai satu jenis filter yang kemudian diisi dengan satu jenis arang aktif. Jadi dibuat 3 buah pemantau Radon pasif yang sama setiap satu jenis filter yang berisi satu jenis arang aktif.
4. Arang aktif ditimbang pada takaran 50 gram, setelah itu dimasukkan ke dalam wadah.
5. Wadah ditutup kembali dengan dilapisi filter lagi di tutup atasnya.
6. Tiap-tiap pemantau untuk membedakan jenis variasinya diberi label.
7. Begitu seterusnya yang akhirnya berjumlah 45 buah pemantau Radon pasif yang berisi berbagai jenis arang aktif dan berbagai jenis filter.

Ruangan kalibrasi

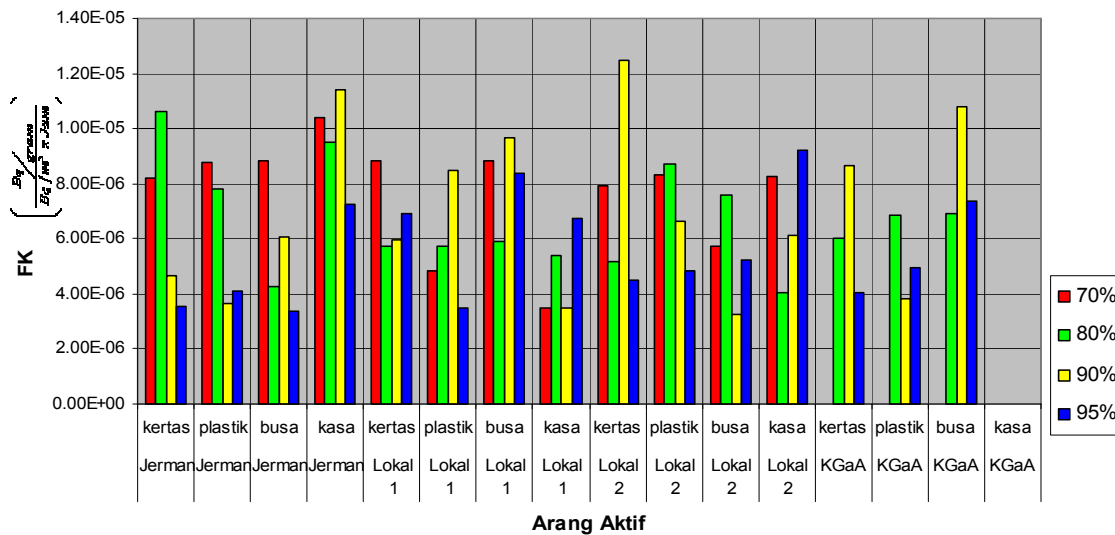
1. Sampel dimasukkan ke dalam ruang kalibrasi dengan cara digantung, supaya gas Radon bisa masuk dan diserap oleh arang aktif.
2. *Durridge* sebagai deteksi gas Radon dinyalakan dalam ruangan kalibrasi.
3. Satu set sumber gas Radon dinyalakan dengan cara dipompa dan dialirkan melalui selang dengan dicatat lamanya waktu pemaparan.
4. Waktu dan kelembaban ruangan diatur sesuai variasi yang diinginkan.
5. Setelah 3–5 hari dengan catatan setiap satu jam alat dihidupkan dan setiap satu jam alat dimatikan, agar tidak terlalu jenuh kondisi dalam ruangan.
6. Sampel dikeluarkan dan dibungkus ke dalam plastik agar tidak terkontaminasi oleh gas radioaktif yang lain.

Sampel

1. Spektrometer gamma diset terlebih dahulu pada kondisi siap untuk melakukan pencacahan.
2. Arang aktif standard dicacah selama 1800 detik dan catat data cacahannya pada beberapa tingkatan energi (295,207; 351,925; 609,318) KeV.
3. Langkah 1 dan 2 diulangi pada *background* dan sampel.
4. Sampel dimasukkan satu persatu ke dalam alat pencacah spektrometer gamma yang sudah diset waktunya.
5. Sampel dicacah pada masing-masing tingkatan energi yang sama saat mencacah sampel *standard* dan *background* pada energi (295,207; 351,925; 609,318) KeV.
6. Data cacahannya dicatat pada tingkatan energi yang sudah ditentukan.
7. langkah 1-6 diulangi dengan mengganti sampel yang lain

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari berbagai jenis sampel (arang aktif) yang dipakai pada berbagai kelembaban didapatkan data yang bervariasi. Hal itu menunjukkan bahwa berbagai jenis arang aktif mempunyai daya serap yang berbeda sehingga faktor kalibrasi (FK) yang dihasilkan berbeda-beda juga. Pada Gambar (4) ditunjukkan beberapa perbedaan daya serap diantara berbagai Pemantau Radon Pasif memakai jenis arang aktif dan filter yang berbeda-beda.



Gambar 5. Grafik laju penyerapan konsentrasi Radon menggunakan variasi arang aktif dan filter dengan berbagai kelembaban yang berbeda.

Hasil pengukuran laju penyerapan konsentrasi Radon dengan variasi arang aktif dan filter gambar (5) menunjukkan bahwa filter kasa pada kelembaban udara 90% merupakan hasil terbaik dari pemakaian arang aktif Jerman yaitu sebesar $1,14 \times 10^{-5} (\text{Bq gram}^{-1})/(\text{Bq m}^3 \times \text{Jam})$. Hal itu dikarenakan bentuk filter kasa yang berpori-pori paling besar daripada yang lainnya. Dengan pori-pori yang besar, maka memudahkan gas Radon dan uap air masuk ke dalam arang aktif. Dimungkinkan gas Radon terserap lebih banyak dibanding uap air. Untuk arang aktif Jerman dengan filter dari busa pada kelembaban udara 95% menghasilkan laju penyerapan terkecil, yaitu sebesar $3,36 \times 10^{-6} (\text{Bq gram}^{-1})/(\text{Bq m}^3 \times \text{Jam})$. Hal itu dikarenakan kelembaban udara yang tinggi memiliki kandungan uap air yang tinggi pula, selanjutnya uap air masuk ke pori-pori arang aktif sehingga menghambat masuknya gas Radon ke dalam arang aktif. Jadi laju penyerapan dipengaruhi oleh pemakaian filter dan juga kelembaban udara (Pudjadi, 1992).

Dari gambar (5) didapatkan pula filter busa pada kelembaban udara 90% merupakan hasil terbaik dari pemakaian arang aktif lokal 1, yaitu sebesar $9,67 \times 10^{-6} (\text{Bq gram}^{-1})/(\text{Bq m}^3 \times \text{Jam})$. Hal itu dikarenakan filter busa mampu berperan dengan baik, yaitu sebagai penghambat masuknya uap air dan isotop-isotop yang memiliki umur paro lebih pendek dari Radon ($Ra-226$) (dalam penelitian ini memakai Thoron ($Th-228$)), sehingga isotop tersebut akan meluruh terlebih dahulu sebelum masuk ke arang aktif. Untuk arang aktif lokal 1 dengan filter dari kasa pada kelembaban udara 70% menghasilkan laju penyerapan terkecil, yaitu sebesar $3,51 \times 10^{-6} (\text{Bq gram}^{-1})/(\text{Bq m}^3 \times \text{Jam})$. Hal itu dikarenakan peran filter kasa kurang

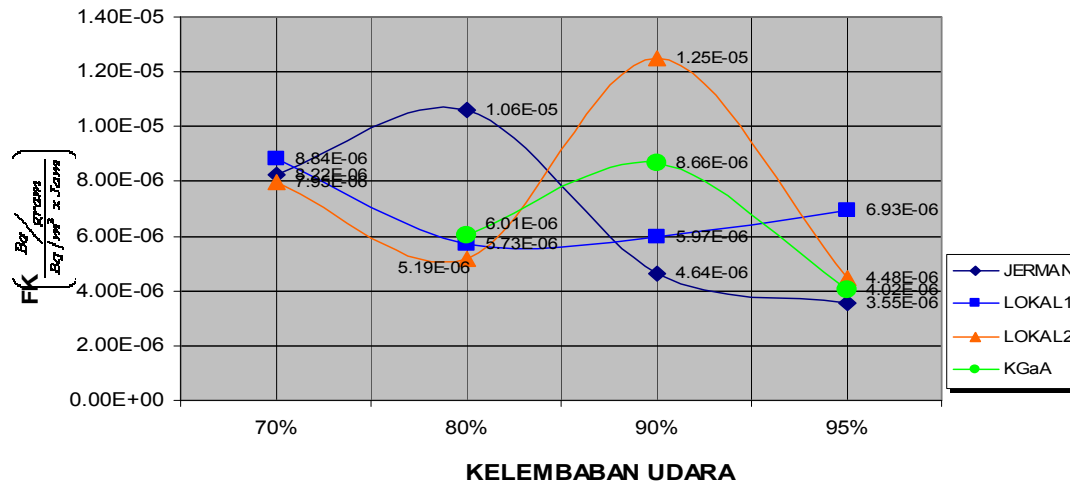
baik dalam menghambat masuknya uap air dan isotop-isotop yang memiliki umur paro lebih pendek dari Radon (*Ra-226*).

Didapatkan hasil yang berbeda pada gambar (4), bahwa filter kertas pada kelembaban 90% merupakan hasil terbaik dari pemakaian arang aktif lokal 2, yaitu sebesar $1,25 \times 10^{-5}$ (Bq gram⁻¹)/(Bq m³ x Jam). Hal itu dikarenakan filter kertas mampu berperan dengan baik, yaitu sebagai penghambat masuknya uap air dan isotop-isotop yang memiliki umur paro lebih pendek dari Radon (*Ra-226*) (dalam penelitian ini memakai Thoron (*Th-228*)), sehingga isotop tersebut akan meluruh terlebih dahulu sebelum masuk ke arang aktif. Untuk arang aktif lokal 2 dengan filter dari busa pada kelembaban 90% menghasilkan laju penyerapan terkecil, yaitu sebesar $4,48 \times 10^{-6}$ (Bq gram⁻¹)/(Bq m³ x Jam). Hal itu dikarenakan kelembaban udara yang tinggi, maka kandungan uap air yang masuk ke pori-pori arang aktif sehingga menghambat masuknya gas Radon ke dalam arang aktif. Jadi laju penyerapan dipengaruhi oleh pemakaian filter dan kelembaban (Pudjadi, 1992).

Pada arang aktif KgaA tidak menggunakan filter dari kasa dikarenakan arang aktif KgaA berbentuk serbuk. Selanjutnya didapat bahwa filter dari busa dan kelembaban udara 90% merupakan hasil terbaik dari pemakaian arang aktif KGaA, yaitu sebesar $1,08 \times 10^{-5}$ (Bq gram⁻¹)/(Bq m³ x Jam). Hal itu dikarenakan filter busa mampu berperan dengan baik, yaitu sebagai penghambat masuknya uap air dan isotop-isotop yang memiliki umur paro lebih pendek dari Radon (*Ra-226*) (dalam penelitian ini memakai Thoron (*Th-228*)), sehingga isotop tersebut akan meluruh terlebih dahulu sebelum masuk ke arang aktif (Pujadi, 1992).

Dari penelitian didapatkan bahwa hasil pengukuran laju penyerapan konsentrasi Radon atau faktor kalibrasi (FK) dari Pemantau Radon Pasif menggunakan arang aktif dari lokal 2 dan filter dari kertas merupakan hasil terbaik yaitu sebesar $1,25 \times 10^{-5}$ (Bq gram⁻¹)/(Bq m³ x Jam).

Dari gambar 5 didapatkan filter kertas dan busa mendominasi hasil terbaik dari penelitian. Hasil pengukuran laju penyerapan konsentrasi Radon menggunakan filter kertas dengan variasi arang aktif pada kelembaban 70%, 80%, 90% dan 95% dapat dilihat pada gambar (6).



Gambar 6. Grafik laju penyerapan konsentrasi Radon menggunakan filter kertas dengan variasi arang aktif terhadap variasi kelembaban udara.

Dari gambar 6 dapat disimpulkan bahwa kelembaban menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi. Jika semakin tinggi kelembaban udara maka akumulasi laju penyerapan atau faktor kalibrasi (FK) akan semakin rendah begitu sebaliknya jika kelembaban udara rendah maka laju penyerapan atau faktor kalibrasi (FK) tinggi. Karena kelembaban yang tinggi mengandung uap air yang besar memungkinkan uap air masuk ke pori-pori arang aktif sehingga menghambat masuknya gas Radon ke dalam arang aktif. Hal itu dikarenakan arang aktif tidak hanya menyerap Radon tetapi juga uap air, sehingga akumulasi penyerapannya menjadi kecil. Pada kelembaban 90% cenderung lebih tinggi dari 70%, 80%, dan 95%, hal itu disebabkan pengaruh dari lamanya pemaparan di dalam ruang kalibrasi. Pada kelembaban 90% paling lama dalam pemaparan sehingga hasilnya lebih besar daripada yang lain. Pada kelembaban 95% yang hasilnya cenderung lebih kecil daripada yang lain, hal itu disebabkan karena terlalu lama dalam pemaparan yaitu selama 118 jam. Padahal waktu paro Radon adalah 3,8 hari/91,2 jam, jadi radon telah meluruh terlebih dahulu. Disamping itu pula di dalam ruang pemaparan Radon sudah terlalu banyak mengandung uap air. Dari grafik 4.1 dan 4.2 dapat disimpulkan bahwa penyerapan gas Radon dipengaruhi oleh pengaruh pemakaian filter tetapi juga oleh kelembaban udara (Pudjadi, 1992).

KESIMPULAN

1. Dari keempat jenis arang aktif yang dipakai, arang aktif dari lokal 2 memiliki laju penyerapan atau faktor kalibrasi paling tinggi dibandingkan dengan arang aktif yang lain.
2. Dari keempat filter yang dipakai filter dari kertas merupakan filter yang paling baik

3. Kelembaban sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya akumulasi laju penyerapan atau faktor kalibrasi dari metode Pemantau Radon Pasif menggunakan arang aktif yang digunakan dalam penelitian.
4. Besarnya faktor kalibrasi (FK) pada Pemantau Radon Pasif yang menggunakan arang aktif dari lokal 2 dan filter dari kertas pada kelembaban 90% sebagai hasil terbaik dari penelitian, yaitu sebesar $1,25 \times 10^{-5} (\text{Bq gram}^{-1})/(\text{Bq m}^3 \times \text{Jam})$.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M, *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*, Jakarta, 1997.
- Bambang PY., 1989. *Pengukuran Kadar Gas Radon Di Ruangan Menggunakan Metode Arang Aktif*, Skripsi Sarjana Fisika, FMIPA-UI. Depok, Jakarta.
- BATAN. 1989. *Sarana dan Prosedur Kerja*. Jakarta: BATAN.
- Cothren, C.R., Cappen Busch, W. L. And Michael J., *Drinking Water Contribution to Natural Background Radiation*, Health Physics, Vol. 50. 1986.
- Fujutaka, K. *Measurment of Radon and Its Daughter*. National institute of radiological science, Chiba Japan, 1988.
- Heryanto., 1994, *Pengukuran Radon-222 Di Daerah Cipanas Garut Menggunakan Dosimeter Radon Pasif Dengan Detektor Jejek Nuklir CR-39*. FMIPA-ITB, Bandung.
- Prichard. H. M, and Marien. K.A.,, *Passive Diffusion Radon-222 Sampler Based on Activated Carbon Adsorption*. Health Phys, Vol 1 48. 791-803, 1985.
- Pudjadi ,E., 1992, *Metode Radon On Activated Charcoal (ROAC) Untuk pengukuran lepasan gas Radon dalam tanah*. Depok, Jakarta.